

Системы телекоммуникации, связи и защиты информации

УДК 681.7

С.С. Буртовый, К.С. Сундучков, д-р техн. наук

Оценка задержки оптического сигнала в распределительной части интерактивной гетерогенной телекоммуникационной сети

Произведена оценка способности рассчитанной ранее топологии распределительной сети ИГТС удовлетворить требования по синхронности поступающих на базовые станции сигналов в конкретной выбранной области применения.

Evaluated the ability of the previously calculated distribution network topology IGTS meet the requirements for synchronization of incoming signals at the base stations in a particular chosen field of application.

Ключевые слова: *распределительная сеть, ИГТС, топология, методика расчета, синхронизация.*

Введение

Бурное развитие мобильности и Всемирной Паутины привело к тому, что сегодня новейшие коммуникационные сервисы, предлагаемые операторами сотовой связи, касаются именно Интернета, возможностей передачи более высококачественного звука, а в недалеком будущем и видео. Однако всё это требует широких каналов связи. Высокоскоростные широкополосные линии передачи, способные удовлетворить подобные потребности, существуют уже сегодня [1-3]. Однако они представлены исключительно в магистральной линии на беспроводном участке и не предполагают никакой распределительной сети.

В данной же статье рассматривается топология распределительной сети доставки сигналов к базовым станциям (БС) ИГТС (Интерактивной Гетерогенной Телекоммуникационной Сети). Распределительная сеть не предполагает организацию на ней запросного канала. Запросный канал в ИГТС с малым трафиком организуется сетями общего пользования (Wi-Max, LTE и др).

Мобильные абоненты движутся по дороге (автобану), а БС расположены вдоль трассы. Беспроводный доступ от БС к мобильному абоненту может быть реализован в миллиметровом диапазоне длин волн (т.к. предоставляются услуги 4G, для которых необходима высокая скорость передачи данных, т.е. широкая полоса, которая не реализуется на низких частотах). Базовые станции могут быть связаны с коммутационным центром с помощью оптического волокна [4].

Коммутационный центр (КЦ) ИГТС, находящийся на удалении от автобана, с помощью оптического волокна связан с центральными станциями (ЦС).

Топологию распределительной сети от ЦС до БС назовем звеном. Части сети, которые отходят от ЦС влево и вправо, назовем ветками, при этом две ветки образуют звено. Вариант структурной схемы ИГТС с магистральной линией связи предоставлен на рис. 1.

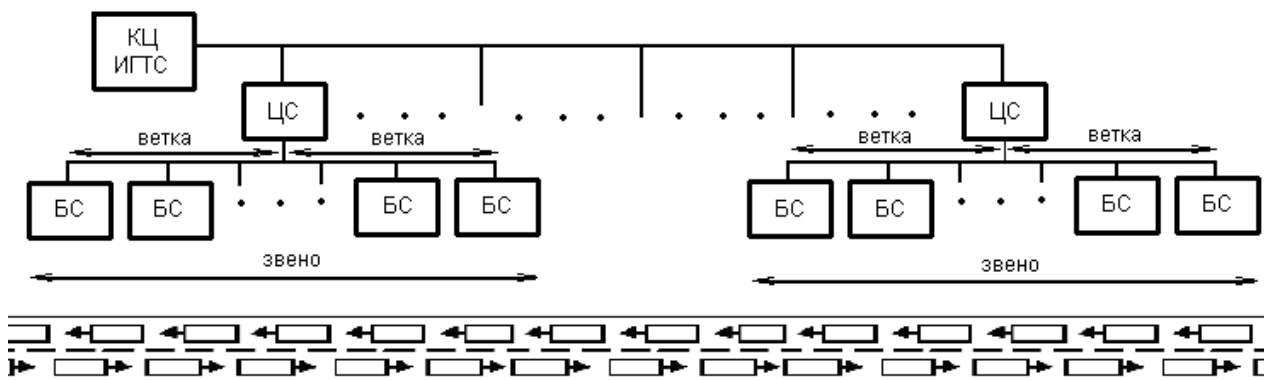


Рис. 1. Вариант структурной схемы ИГТС

1. Расчет задержки при распространении оптического сигнала по распределительной сети ИГТС

Для синхронной подачи сигналов на все БС распределительная цепь может иметь топологию в виде симметричной иерархической цепи, составленной из звеньев, как показано в [5] и на рис. 2. Здесь ЦС входят в состав звеньев и содержат ретрансляторы.

Реализация подобного варианта распределительной сети ИГТС может состоять из таких элементов как, например, оптическое волокно, оптические разветвители (древовидные, звездообразные разветвители или ответвители), ретрансляторы (оптические повторители или усилители) и др.

Отрезок трассы, который может покрыть одна БС, обозначим как x км. Тогда расстояние между делителями (Д) в ветке тоже равно x км (рис. 3). Через n обозначим номер Д в ветке, где $n = 1, 2, \dots, N$. В ветке звена присвоим базовым станциям и делителям номера. Аналогично пронумеруем точки соединения делителей и базовых станций. Все обозначения показаны на рис. 3: $Д_1, Д_2, \dots, Д_N$; $БС_1, БС_2, \dots, БС_{N+1}$.

Оценим задержку, которую может приобрести оптический сигнал.

Все оптически прозрачные материалы имеют коэффициент преломления, равный отношению скорости света в вакууме к скорости света в

материале. Для оптоволокна он равен 1,45-1,50, т.е. скорость света в ВОЛС порядка $V_{волс} = 2 \cdot 10^8$ м/с.

В рассматриваемой топологии максимальная задержка сигнала будет при распространении от центра распределительной сети (точка 6, рис. 2) до крайней базовой станции (точка 1, рис. 2). Минимальная задержка будет при распространении сигнала от центра (точка 6, рис. 2) до ближайшей БС ближайшего НО (например, точка 11, рис. 2). Максимальная несинхронность доставки сигналов будет равна разнице задержек распространения сигналов от центра до точек 1 и 11 (рис. 2).

Найдем задержку T_{ij} распространения оптического сигнала на каждом из обозначенных на рис. 2 участке (между i -й и j -й точками):

$$T_{61} = \frac{L_{61} \cdot 10^3 [M]}{V_{волс} [M/c]} = \frac{336 \cdot 10^3 [M]}{2 \cdot 10^8 [M/c]} = 1,68 (мс);$$

$$T_{611} = \frac{(L_{67} + L_{89} + L_{1011}) \cdot 10^3 [M]}{V_{волс} [M/c]} = \frac{(84 + 14 + 14) \cdot 10^3 [M]}{2 \cdot 10^8 [M/c]} = 0,56 (мс);$$

Тогда искомая максимальная несинхронность $T_{макс}$ составляет:

$$T_{макс} = T_{61} - T_{611} = 1,68 - 0,56 = 1,12 (мс).$$

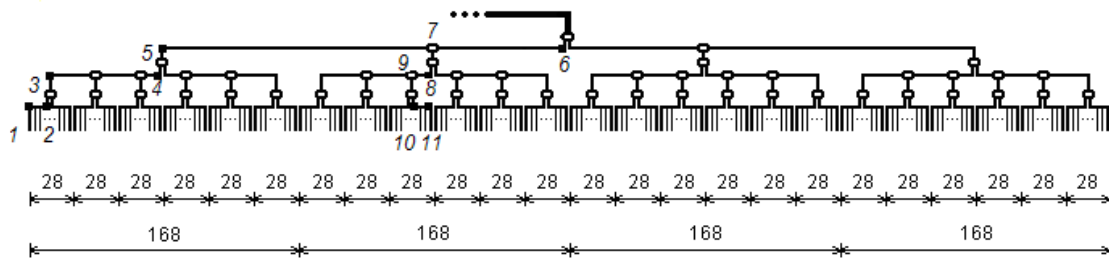


Рис. 2. Топология распределительной части ИГТС в виде симметричной иерархической цепи

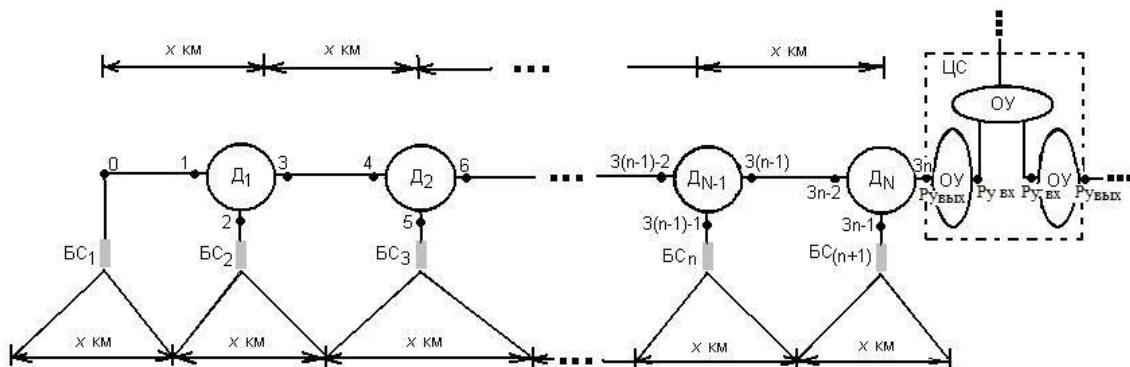


Рис. 3. Ветка одного звена

2. Расчет допустимой задержки при распространении оптического сигнала

Предположим, что сеть будет использоваться для передачи медиаконтента – видео. Под понятием «видео» будем подразумевать аудиовизуальный материал, состоящий из сменяющих друг друга кадров и сопутствующей им звуковой дорожки.

Рассчитаем допустимую задержку в передаче видео.

Количество (частота) кадров в секунду — это число неподвижных изображений, сменяющих друг друга при показе 1 секунды видеоматериала и создающих эффект движения объектов на экране. Чем больше частота кадров в секунду, тем более плавным и естественным будет казаться движение. Минимальный показатель, при котором движение будет восприниматься однородным — примерно 16 кадров в секунду (это значение индивидуально для каждого человека). В традиционном плёночном кинематографе используется частота 24 кадра в секунду. Компьютерные оцифрованные видеоматериалы хорошего качества, как правило, используют частоту 30 кадров в секунду. Верхняя пороговая частота мелькания, воспринимаемая человеческим мозгом, в среднем составляет 39...42 Гц и индивидуальна для каждого человека. В дальнейших расчетах будем использовать значение для цифрового видео – 30 кадров в секунду.

Рассмотрим ситуацию передачи видеокадров соседними базовыми станциями в звене, изображенную на рис. 4.

Мобильный терминал находится на участке звена АВ, где расположены соседние базовые станции $БС_N$ и $БС_{N+1}$. Сигнал распространяется по оптоволокну в направлении от А до В. Со

ответственно, поскольку эти базовые станции находятся на определенном расстоянии друг от друга, сигнал от А до В распространяется с некоторой задержкой.

Допустим, пока мобильный терминал находился в зоне действия базовой станции $БС_N$, в определенный конкретный момент времени он просматривал m -й кадр видео, которому предшествовал $(m-1)$ -й кадр. Если бы мобильный терминал продолжал находиться в зоне действия этой базовой станции, следующим кадром при просмотре должен был бы быть $(m+1)$ -й кадр. Но, т.к. в следующий момент времени мобильный терминал переместился в зону действия соседней базовой станции $БС_{N+1}$, а до нее сигнал дошел с определенной задержкой, то в данный момент вместо $(m+1)$ -го кадра здесь все еще транслировался кадр m -й кадр.

Если при передаче видеокадров со скоростью 30 кадров в секунду 3–4 из них будут повторяться (как было описано выше), на восприятии это не отобразится губительно.

Итак, видеокадры следуют друг за другом 30 штук в секунду, 1 кадр за $1/30$ секунды. 4 кадра имеют длительность $4 \cdot (1/30) = 4/30$ секунды $\approx 0,133$ секунды.

Следовательно, с точки зрения комфортности восприятия итоговой картинки, мы можем позволить себе задержку в распространении сигнала по оптоволокну $T_{доп} = 133$ (мс). При передаче данных требования к задержкам в данной статье не рассматриваются.

Т.о., поскольку $T_{макс} = 1,12$ (мс) $< T_{доп} = 133$ (мс), то предложенная и рассчитанная в предыдущем пункте топология удовлетворяет предъявленным требованиям к сети и с точки зрения синхронности поступающих на базовые станции сигналов.

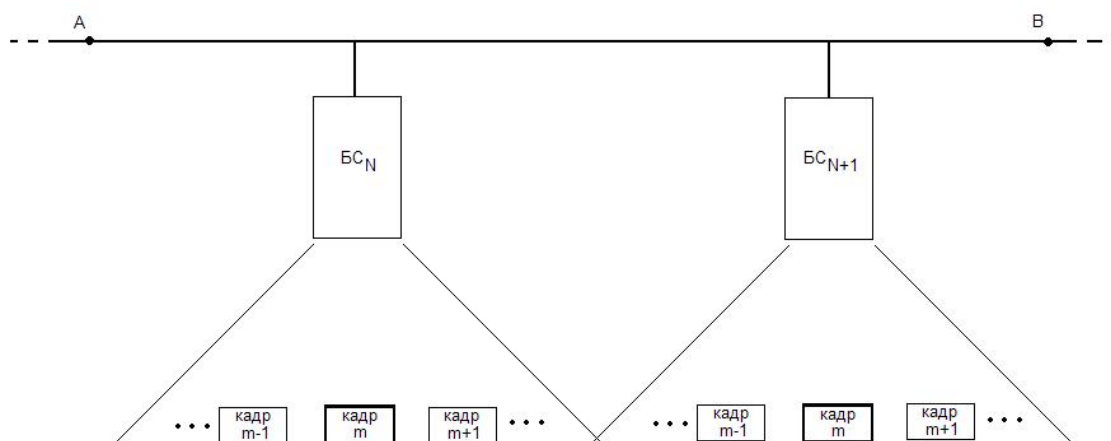


Рис. 4. Передача видеокадров соседними базовыми станциями

Выводы

1. В данной статье была произведена оценка способности рассматриваемой топологии распределительной сети ИГТС удовлетворить требования по синхронности поступающих на базовые станции сигналов в определенной выбранной области применения (передача видеоданных).

2. Было доказано, что расчетная задержка распространения оптического сигнала по топологии рассматриваемой конфигурации не выходит за рамки комфортной (в выбранной области применения).

Литература

1. *Hiroyuki Takahashi*, Akihiko Hirata, Naoya Kuktatsu, Yuichi Kado, Toshihiko Kosugi, and Koichi Murata. Compact, Low-power, 120-GHz-band Wireless Link for 10-Gbit/s Data Transmission // NTT Technical Review, Vol. 7, No. 3, pp. 1-6, 2009.
2. Tadao Nagatsuma† and Akihiko Hirata. 10-Gbit/s Wireless Link Technology Using the 120-GHz Band // NTT Technical Review, Vol. 2 No. 11, pp. 58-62, 2004.
3. *Akihiko Hirata*, Ryoichi Yamaguchi, Yasuhiro Sato, Takeaki Mochida, and Kenji Shimizu / Multiplexed Transmission of Uncompressed HDTV Signals Using 120-GHz-band Millimeter-wave Wireless Communications System // NTT Technical Review, Vol. 4 No. 3, pp. 64-70, 2006.
4. *Ильченко М.Е.* Интерактивная гетерогенная телекоммуникационная система (ИГТС) 4G с беспроводным доступом в миллиметровом диапазоне для предоставления мультимедийных услуг мобильным абонентом / М.Е. Ильченко, К.С. Сундучков и др. // Связь. – 2008. – №7-8 (83-84). – С.28-32.
5. *S. Burtovyi*. 4G Interactive Heterogeneous Telecommunication System (IHTS) / S.Burtovyi, K.S. Sunduchkov // TCSET'2010. – 2010. –February 23-27.